



**LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
*Lahti University of Applied Sciences*

# PUUALAN VERKKOKURSSIN SUUNNITTELU

Tehdassuunnittelu

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Puutekniikan koulutusohjelma  
Opinnäytetyö  
Kevät 2015  
Jani Louhenvirta

Lahden ammattikorkeakoulu  
Puutekniikan koulutusohjelma

LOUHENVIRTA, JANI:

Puualan verkkokurssin suunnittelu  
Tehdassuunnittelu

Puutekniikan opinnäytetyö, 44 sivua

Kevät 2015

## TIIVISTELMÄ

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella verkkokurssi ja sen aineisto, jota pystytään käyttämään tuntiopetuksen ohessa Lahden ammattikorkeakoulussa tehdassuunnittelun kurssilla.

Työssä paneudutaan yleisesti tehdassuunnitteluun liittyviin aiheisiin, kuten ideointiin, suunnitteluun ja projektityöskentelyyn. Lisäksi suunnitellaan verkkokurssin mahdollista ulkoasua, tiedostomuotoja ja käytettävyyttä.

Tehdassuunnittelu on käsitteenä laajakokonaisuus. Kun tehdassuunnittelu aloitetaan projektimuodossa, lähdetään liikkeelle ideatasolla: Mitä tuotetta/palvelua halutaan tarjota ja kenelle? Mitä tämän tuotteen/palvelun tuottaminen edellyttää? Tässä vaiheessa täytyy jo ottaa huomioon, missä laajuudessa yritystoimintaa lähdetään harjoittamaan ja onko tarvetta rakentaa tuotantotiloja vai selvitääkö vain vuokraamalla yritystoiminnalle riittävät tilat. Ideoinnin yhteydessä on syytä miettiä projektiin vaadittavaa rahamäärää. On tehtävä laskelmat hankkeen vaatimista kustannuksista ja siitä, millä tuotantoasteella yrityksen toiminta olisi kannattavaa.

Tehdassuunnitteluun kuuluvat tehtaan rakentamisvaiheenaikana ja sitä edeltävänä aikana niin ympäristöön ja logistiikkaan liittyvät asiat kuin kaikki rakennuksen rakenteisiin liittyvät asiat, kuten paloturvallisuus. Olennaisia asioita ovat myös koneiden hankinta ja käyttöönotto sekä henkilöstön palkkaus ja koulutus.

Tehdassuunnittelukurssin siirtäminen verkkoon nähtiin tarpeelliseksi, jotta opiskelijoilla olisi helposti saatavilla kaikki kurssiin liittyvä materiaali. Opettajan vaihtuessa, uudella kurssiopettajalla olisi aihetta käsittelevä tietopankki käytössä, jota pystytään tulevaisuudessa laajentamaan uudella informaatiolla niin teksti- kuin videomuodossa. Tehdassuunnittelukurssin laajuus on neljä opintopistettä, ja se on materiaalitekniikan opiskelijoille pakollinen.

Asiasanat: Tehdassuunnittelu, verkkokurssi, opetusmateriaali.

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Wood Technology

LOUHENVIRTA, JANI:

Planning an online course on woodline  
Factory planning

Bachelor's Thesis in Wood Technology 44 pages

Spring 2015

## ABSTRACT

---

The objective of this Bachelor's thesis was to design a web course on factory planning which students can use along with contact teaching in Lahti University of Applied Sciences.

The thesis I concentrated on the main subjects of factory planning like ideas, planning and project working. In addition, the goal was to plan the possible appearance, file formats and easy management of the web course.

Factory planning is a large concept. When factory planning is started in project form, you start on the idea level. What product/service do you want to offer and to whom? What is required to produce this product/service? At this phase you have to consider the scale of the business. Is there a whole new building needed or can you just rent a large enough building. When going through business ideas you should also consider the amount of money that is needed in this project. You have to calculate the amount of money needed to go through the project and what is the suitable production level to make it profitable to run the business.

The construction phase includes all the natural and logistic aspects and also fire safety inside the building. Other relevant aspects are machinery purchasing and commissioning, and also hiring and training of personnel.

The online factory planning was considered necessary so that students could get easy access to the course material. When the teacher changes, the new teacher could have an info bank that can be expanded with new information, text and video, later on. The factory planning course gives four credits and it is compulsory for students on materials technology.

Key words: Teaching material, factory design, web course.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TEHDASSUUNNITTELUN PÄÄVAIHEET	2
2.1	Ideat	2
2.2	Hankesuunnittelu	2
2.2.1	Esisuunnittelu	4
2.2.2	Pääsuunnittelu	4
3.1	Periaatteet	6
3.2	Sijaintipaikan valinta	7
3.3	Suunnittelu	8
3.3.1	Karkeasuunnittelu	9
3.3.2	Simulointi ja hienosuunnittelu	9
4	TALOUS	11
4.1	Kannattavuus	11
4.2	Käyttöpääoma	11
4.3	Rahan riittävyys ja rahoituslaskelma	12
4.4	Herkkyysanalyysi	13
4.5	Kapasiteetin ja laitekannan määrittely	13
4.6	Investointilaskelmat	14
4.6.1	Takaisinmaksuaika	14
4.6.2	Nykyarvomenetelmä	15
4.6.3	Sisäinen korko	16
5	TYÖTURVALLISUUS	17
5.1	Henkilöstön koulutus	17
5.2	Koneiden käyttöönotto	17
5.3	Palosuojelu	18
5.4	Palo-osastointi	18
5.5	Palaminen	19
5.6	Palojen luokitus	20
5.7	Sammuttaminen ja sammutteet	21
5.7.1	Vesi	22
5.7.2	Hiilidioksidi	23
5.7.3	Sammutusjauheet	24
5.7.4	Sprinklerit	25

5.8	Sammutustekniikat	26
5.8.1	Jäähdyttäminen	26
5.8.2	Lämpötilan tasoittaminen	27
5.8.3	Tukahduttaminen	27
5.8.4	Raivaus	28
6	PROJEKTIT JA PROJEKTIJOHTAMINEN	30
6.1	Projektin määritelmiä	30
6.2	Projektin ohjaus	30
6.2.1	Projektin aloittaminen	30
6.2.2	Projektin suunnittelu	31
6.2.3	Projektin ulkoinen ohjaus	32
6.2.4	Projektin toimeenpano ja sisäinen ohjaus	33
6.2.5	Projektin vaihesuunnitelma	33
6.2.6	Projektin päättäminen	34
7	TEHDASSUUNNITTELUN VERKKOKURSSI	36
7.1	Verkkokurssin suunnittelu	36
7.2	Opetusmateriaalin kerääminen	36
7.3	Opetusmateriaalin tiedostomuodot ja ulko-asu	37
8	YHTEENVETO	39
8.1	Materiaalin saatavuus	39
8.2	Materiaalin esitys	39
8.3	Omat ajatukset	40
	LÄHTEET	42

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella verkkokurssi ja sen aineisto, jota pystytään käyttämään tuntiopetuksen ohessa Lahden ammattikorkeakoulussa tehdassuunnittelun kurssilla. Ohjaajinani tässä työssä toimivat puutekniikan lehtori Jari Suominen ja opettaja Ilkka Markkanen.

Työssä paneudutaan yleisesti tehdassuunnitteluun liittyviin aiheisiin sekä käsitellään aikaisemmin tehtyjä tuotannonsuunnittelu- ja tehostamis projekteja. Lisäksi suunnitellaan verkkokurssin mahdollista ulkoasua, tiedostomuotoja ja helppokäyttöisyyttä.

Tehdassuunnittelukurssin siirtäminen verkkoon nähtiin tarpeelliseksi, jotta opiskelijoilla olisi helposti saatavilla kaikki kurssiin liittyvä materiaali. Opettajan vaihtuessa uudella kurssiopettajalla olisi aihetta käsittelevä tietopankki käytössä, jota pystytään tarvittaessa laajentamaan uusien tietojen tai videoiden muodossa. Tehdassuunnittelukurssin laajuus on neljä opintopistettä.

## 2 TEHDASSUUNNITTELUN PÄÄVAIHEET

Tehdassuunnittelu on prosessi, jota tarvitaan uuden tehtaan pystyttämisyvaiheessa tai kun halutaan uudistaa vanhaa tehdasta. Investoinnin tekeminen voi olla yritykselle pakollista esimerkiksi ympäristömääräyksien vuoksi. Yleensä yritys pyrkii laajentamalla tai tehtaan toimivuutta parantamalla lisäämään tuottavuutta, ja näin lisäämään kilpailukykyään omalla markkina-alueellaan.

Tehdassuunnitteluun voidaan liittää myös mahdolliset konehankinnat. Tällöin pyritään lisäämään tuottoa, mutta se saattaa vaatia tehtaan layoutin muuttamista. (Koponen 1988, 7.)

Tässä osioissa käydään läpi tehdassuunnitteluun liittyvät päävaiheet ideatasolta aina toteutukseen asti. Projektin kulku on esitetty yksinkertaistettuna tämän osion lopussa taulukossa 1.

### 2.1 Ideat

Yrityksen toiminnan laajentuessa vanhat raamit alkavat käydä liian ahtaaksi, ja yrityksessä on kehitettävä uusia ideoita, joilla tehdas saadaan toimivaksi kokonaisuudeksi. Suunnittelun vaiheet muuttuvat sen mukaan, onko suunnitteilla kehittää jo toiminnassa olevia tuotantotiloja vai rakentaa kokonaan uusi tehdas. (Koponen 1988, 9.) Nykyään on hyvin yleistä, että yrityksillä on käytössä palautelaatikoita tai jokin verkkosovellus, jonka kautta yrityksen työntekijät voivat osallistua tehtaan kehittämiseen. Tällä tavalla voidaan varmistaa, että suunnitteilla olevat kehitysideat kohdistuvat oikeille osa-alueille.

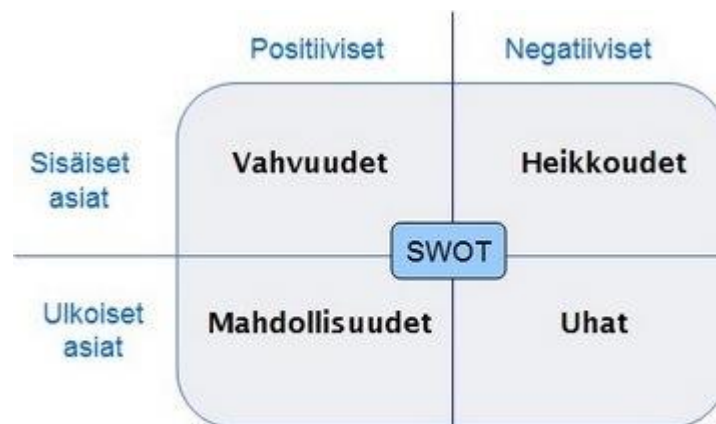
### 2.2 Hankesuunnittelu

Hankesuunnitteluvaiheen tärkein tavoite on löytää ideat, joista yritys pystyy muovaamaan kannattavia hankkeita. Suunnitteluun osallistuu yleensä yrityksen johto, joka tekee yksityiskohtaisen katsauksen yrityksen nykytilaan ja hankkeen tavoitteeseen. Kun tuoteidea todetaan tutkimuksen arvoiseksi kohteeksi, siitä syntyy tehdassuunnitteluprojekti. (Koponen 1988, 9.)

Hankesuunnitelma tehdään ennen varsinaisen rakennusvaiheen aloittamista. Tavoitteena on selvittää, missä laajuudessa hanketta lähdetään viemään eteenpäin. Hankkeelle asetetaan kustannus-, laatu- ja aikataulutavoitteet, joiden rajoissa pyritään pysymään koko hankkeen ajan. Hankesuunnitelman pohjalta tehdään päätös siitä, millaisella rahamäärällä projektiin lähdetään. (Prodeco 2014.)

Hankesuunnittelun yhteydessä suoritetaan SWOT-analyysi, jossa eritellään alkavan projektin vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat. Vahvuudet ja heikkoudet kuuluvat sisäisiin tekijöihin ja mahdollisuudet ja uhat ulkoisiin. Swot-analyysin avulla yritys saa selvitettyä kaikki hyödyt, joita projektin valmistuminen tuo mukanaan, sekä vastaavasti kaikki uhat, joita on syytä välttää. Analyysin pohjalta saadaan myös kokonaiskuva siitä, onko hanketta kannattavaa aloittaa lainkaan, vai onko sitä syytä lykätä myöhemmäksi. (Oamk 2014.)

SWOT-tilukko on esitetty kuviossa 1. Hankkeelle tehdään myös alustavat investointilaskelmat ja selvitetään rahoitusmahdollisuudet. Hankesuunnittelu ei yleensä rajoitu vain tiettyyn aikajaksoon, vaan yrityksissä tätä tehdään jatkuvasti, kun tuodaan markkinoille uusia tuotteita ja joudutaan laajentamaan tuotantotiloja tai muuttamaan tuotantolinjojen rakenteita.



KUVIO 1. Nelikenttäanalyysi – SWOT. (Pk-rh 2014.)



### 2.2.1 Esisuunnittelu

Esisuunnitteluvaiheen alussa perustetaan yleensä projektiryhmä, johon voidaan palkata ulkopuolinen asiantuntija, mikäli yrityksen omasta henkilöstöstä ei löydy tietoa taitoa jokaiselle osa-alueelle. Tällaisia alueita voivat olla tehtaan sähkö- ja lvi-suunnittelu, prosessin suunnittelu sekä rahoitusasiat. Joskus yritys ei itse tee esisuunnittelua lainkaan, vaan tähän palkataan ulkopuolinen, asiaan erikoistunut suunnittelufirma. Esisuunnitteluvaiheessa projektiryhmä kerää aineistoa, jolla pyritään selvittämään yrityksen johdolle tehdassuunnitteluprojektin kannattavuus. Jos kyseessä on uuden tehtaan perustaminen, tässä vaiheessa selvitetään mihin paikkakunnalle ja tontille tehdas sijoitetaan sekä laaditaan alustava tilasuunnitelma. Näiden tietojen pohjalta laaditun kannattavuuslaskelman perusteella johto päättää, onko projektiin tarvetta ryhtyä. Kun uusi tehdashanke hyväksytään, projekti siirtyy toteutusvaiheeseen. (Koponen 1988, 9-11.)

### 2.2.2 Pääsuunnittelu

Kun esisuunnittelu on onnistuneesti hyväksytty yrityksen johtoportaan, siirrytään projektintoteutusvaiheeseen. Pääsuunnittelu on vaihe, jossa ryhdytään toteuttamaan projektia rakentamalla tehdasrakennusta sekä hankkimalla tarvittavia tuotantokoneita ja laitteita. Tässä vaiheessa tehdään yrityksen käyttöönottoa edellyttävät rakenne-, tila- ja prosessisuunnitelmat. Projektinkulun päävaiheet on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Projektin päävaiheet

VAIHE 1	VAIHE 2	VAIHE 3
LUONNOSUUNNITTELU	TOTEUTUSSUUNNITTELU	TOTEUTUS
MARKKINATUTKIMUKSET	PROJEKTIN TAVOITTEET JA MÄÄRITELMÄT	DETALJISUUNNITTELU
RAAKA-AINE JA RESURSSIANALYYSIT	PROSESSIRATKAISUT JA LAITEVALINNAT	HANKINTA
TEHDASLUONNOKSET JA KONEISTOVAATIMUKSET	MITOITUSPERUSTEET	RAKENNUS- JA ASENNUSTYÖNJÖHTO
TEHDASPAIKKASELVITYS	KONESIJOITUSTEN JA RAKENNUSTEN YLEISSUUNNITELMAT	KOULUTUS
ALUSTAVA INVESTOINTIKUSTANNUS-ARVIO	AIKATAULUT	TRIMMAUS JA KÄYNTIINLÄHTÖ
KANNATTAVUUSLASKELMAT	INVESTOINTI- JA KÄYTTÖKUSTANNUSLASKELMAT	PROJEKTIN TAVOITE

### 3 PROSESSI- JA LAYOUTSUUNNITTELU

Prosessisuunnittelu tehdään tarkasti yleensä jo esisuunnitteluvaiheessa.

Tuotantoprosessi on kokonaisuus, joka muodostuu työpisteiden ja laitteiden suorittamista työvaiheista. Suunnittelun tavoitteena on saada karsittua valmistusprosessista turhat, tuotantoa hidastavat seisokit. Prosessisuunnittelua tehdään yhtä aikaa layoutsuunnittelun kanssa, jotta saadaan varmasti laitteet ja työpisteet oikeille paikoille.

#### 3.1 Periaatteet

Tuotantoprosessi on tuotannon tekijöistä ja niiden yhteistyöstä koostuva kokonaisuus. Prosessissa hankitusta tuotteen materiaalista valmistetaan markkinoille vietävä tuote. Tuotteiden valmistus voi tapahtua tuotantolinjoilla, osastoissa tai tuotantoryhmissä. Massatuotteiden tuotanto on yleensä pitkälle vaiheistettua, ja kokoonpano voi tapahtua liukuhihnoista ja kuljettimista koostuvilla tuotantolinjoilla. Tuotantoprosessit voidaan jakaa kolmeen eriryhmään tuotannon sujuvuuden perusteella. (Boncamper 1995, 61.)

Yksittäistuotannossa valmistetaan yksi tuote kerrallaan. Tuote voi olla esimerkiksi asiakkaan tilaama talonrakennusprojekti. (Koponen 1988, 21.) Yksittäisten tuotteiden valmistaminen ei ole taloudellisesti kannattavaa, jos niitä on useita erilaisia, koska tällöin joudutaan suorittamaan useita erilaisia työvaiheita. Tällaisessa tilanteessa on suositeltavaa harkita sarjatuotteistamista. (Boncamper 1995, 61.)

Sarjatuotannossa valmistetaan usean kappaleen valmistuseriä, ja näiden erien valmistuttua puhutaan valmistussarjasta. Sarjatuotantoa käytetään mm. huonekaluteollisuudessa. (Koponen 1988, 21.) Sarjatuotannon etuja ovat ajan säästyminen ja laatutason tasaisuus. Kun yhdellä työpisteellä suoritetaan vain tietyt työvaiheet, työkaluja ei tarvitse vaihtaa useaan kertaan ja työn teko on näin joutuisampaa. Kappaleiden laatutaso on tasainen ja aikaa säästyy, kun työntekijä harjaantuu työssään suurten toistomäärien vuoksi. (Boncamper 1995, 61.)

Yhtenäistuotanto on pitkäaikaista, samankaltaisena jatkuvaa tuotantoa. Tällaista tuotantotyyppiä käytetään mm. paperin, selluloosan sekä lastulevyn ja vanerin tuotannossa. (Koponen 1988, 21.)

Huonekaluteollisuudessa käytetään usein yksittäis- ja sarjatuotantoa rinnakkain, jolloin voidaan käyttää nimitystä sekatuotanto. (Koponen 1988, 21.)

### 3.2 Sijaintipaikan valinta

Tehtaan sijainninsuunnittelussa mietitään tulevan tehtaan maantieteellistä sijaintia ja mihin päin paikkakuntaa tehdas olisi paras sijoittaa. Ennen päätöksen tekoa on myös syytä ottaa huomioon liikenneyhteydet. (Boncamper 1995, 35.)

Yrityksen menestymisen kannalta on tärkeää sijoittaa tehdas oikealle paikkakunnalle. Menestymisen yhtenä kriteerinä voidaan pitää yrityksen tuottoastetta, jonka arvo lasketaan vähentämällä tuotantomäärä kustannuksista ja jakamalla tämä tulos investoinninarvolla. (Koponen 1988, 17.)

Paikkakunnan valintaa tehdessä on otettava huomioon valmistettavan tuotteen materiaalien saannin mahdollisuus. Materiaalien hankintalähteiden ja oman tehtaan välillä on oltava hyvät kulkuyhteydet. Tämä tarkoittaa kommunikaatio- ja kuljetusyhteyksiä. Liikennekalusto voi olla raskasta tai kevyttä ja tien tulisi kestää nämä rasitukset ja kelirikon sattuessa paikkauskaluston on oltava nopesti saatavilla. Tietoliikenneyhteyksien katkokset saattavat aiheuttaa suurta vahinkoa yritykselle, joten huollon on syytä sijaita tehtaan lähellä. Tehokkaan tuotannon kannalta on tärkeää, että materiaali saadaan aina ajoissa, eikä se vahingoitu kuljetuksen aikana. Materiaalien hinnat vaihtelevat, joten on myös syytä tutkia, missä muut tavarantoimittajat sijaitsevat paikkakuntaan nähden. Jos on tiedossa, että yritys joutuu hankkimaan materiaalia ulkomailta, kannattaa tehdas sijoittaa rannikolle tai muualle rajan läheisyyteen. (Boncamper 1995, 36.)

Jos yritys kuljettaa valmiita tuotteita omalla kalustolla, saatetaan jakelu-alue joutua rajaamaan. Tällöin mahdollisimman keskeinen paikkakunnan valinta on ehdottoman tärkeää. Yleensä yritykset käyttävät ulkopuolista jakelufirmaa tai omia autoja, jotka pystyvät kuljettamaan suuria määriä kerrallaan. Joskus

toimitukseen saatetaan tarvita lentokonetta tai laivakuljetusta, jolloin tuotteen siirtomatka pitenee. Onkin hyvä miettiä, tarvitseeko näitä kuljetusmuotoja usein. (Boncamper 1995, 36.)

Yrityksen toiminnan kannalta tärkeintä on työvoima. On siis tutkittava, miten hyvin paikkakunnalla tai sitä ympäröivissä kunnissa on vapaata työvoimaa saatavilla. Kuten muussakin suunnittelussa, on tärkeää ennakoida tulevat muutokset. Tulevaisuudessa työvoimaa on vaikeampi saada, jos paikkakunnalla on paljon muuttoliikennettä pois päin. Myös koulutusmahdollisuudet vaikuttavat, jos yritys tarvitsee erikoisosaamista. (Boncamper 1995, 37.) Nykyään moni ihminen muuttaa työn perässä paikkakunnalta toiselle, joten työvoimaa on mahdollisuus saada kauempaakin.

Myös yrityksen toimintaan liittymättömät asiat vaikuttavat sijainnin valintaan. On otettava huomioon kaikkien yrityksessä työskentelevien henkilöiden perheet ja heidän tarpeensa. Näihin voidaan lukea koulutus, muiden perheenjäsenten työmahdollisuudet, harrastus ja vapaa-ajan mahdollisuudet, asuntotilanne ja kaupat. Yritysvieraita varten on kartoitettava myös majoitusmahdollisuudet ja ravintolat. (Boncamper 1995, 41.)

### 3.3 Suunnittelu

Yritykselle saattaa tulla vaikeuksia, jos tehtaan käynnistyessä huomataan tehdasrakennuksessa tai tuotannon toiminnassa ongelma, joka vaikuttaa koko tehtaan toimintaa. Siksi tuotannonsuunnittelu suoritetaan yleensä useammassa vaiheessa, jolloin suunnittelu on tarkempaa ja voidaan keskittyä tiettyyn tuotannonosaan perusteellisesti. Nämä vaiheet ovat karkeasuunnittelu, simulointi ja hienosuunnittelu.

Tuotantolaitosten suunnittelussa tuotantoprosessi ja lay-out suunnittelu etenevät yleensä rinnakkain, koska prosessin suunnittelua ei voida suorittaa loppuun ennen tilasuunnittelun valmistumista. Tuotantoprosessin suunnittelu on rajoitettua, kun sitä kehitellään vanhoihin tehdastiloihin. (Koponen 1988, 22.)

### 3.3.1 Karkeasuunnittelu

Karkeasuunnittelu tehdään tilasuunnittelun alkuvaiheessa, jossa pyritään selvittämään tuotantotapa, jolla tehdas alkaa pyöriä. Tätä varten suoritetaan tuotemäärä-analyysi, jolla selvitetään, onko tuotteen valmistusmäärä niin suuri, että tarvitaan tuotantolinja, vai riittääkö pelkkä yksittäinen laite. On myös syytä miettiä, mitkä työpisteet tulisi sijoittaa lähelle toisiaan, ettei tuotteita tarvitse siirtää turhaan tehtaan päästä toiseen. Työpisteiden on oltava lähekkäin, jos tuotantomäärät ovat suuret ja kappaleet ovat isoja tai vaikeita kuljettaa. (Koponen 1988, 34.)

Kun tehtaaseen sijoitettavien laitteiden ja työpisteiden määrä on selvitetty, varmistetaan vielä tilantarvelaskelmalla, että kaikki mahtuvat rakennuksen sisään, kuten on suunniteltu. Tässä vaiheessa tulee ottaa huomioon tarvittavat työskentely- ja huoltotilat, välivarastointiin tarvittavat alueet, mahdolliset kuljettimet sekä kulkutiet tehtaassa. Arvio voidaan tehdä esimerkiksi vertaamalla tuotantotiloja samantyyppiseen jo olemassa olevaan tehtaaseen. (Koponen 1988, 42, 43.)

Lay-out-piirustukseen merkitään tuotteiden kulku tehdaslinjalla. Kaikkien tuotteitten valmistusta ei tarvitse merkitä, vaan voidaan valita pari helpommin ja vaikeammin valmistettavaa tuotetta. Tavoitteena on, että tuotteiden kulku linjastolla olisi yhdensuuntainen. Jos tuotteiden kulkureitit aaltoivat, on vielä tarvetta suunnitella linjanrakennetta. (Koponen 1988, 43-47.)

Tuotantotilojen suunnittelun lisäksi suunnitellaan myös kaikki konttoritilat sekä hallintorakennukset ja niiden sijainnit tontilla määritetään. Alueen tilankäytön suunnittelusta puhuttaessa määritetään tuotantoalueiden lisäksi varastoalueet, liikennöintireitit ja paikoitusalueet, energiahuollonalue sekä mahdolliset suoja-alueet esimerkiksi tulipalon sattuessa. (Koponen 1988, 52.)

### 3.3.2 Simulointi ja hienosuunnittelu

Simulointia voidaan hyödyntää uusien tuotantokonseptien suunnittelussa. On olemassa CAD-ohjelmia, joilla voidaan testata tuotantolinjan toimintaa

virtuaalisesti. Tässä vaiheessa on mahdollista selvittää tuotannossa esiintyvät pullonkaulakohdat, ja kokoonpanoon pystytään tekemään muutoksia ennen asennustöitä. Simuloinnin avulla pystytään tuottamaan 3d-kuvaa sekä liikkuvaa kuvaa tuotannosta. (Finnsampo 2011.)

Hienosuunnittelu on tila- ja tuotantosuunnittelun viimeinen vaihe. Tässä vaiheessa tuotanto on jo siinä pisteessä, että karkeansuunnittelun tuloksia voidaan testata testiajoilla. Tuotannon toimintaan voidaan tehdä vielä jonkin asteisia muutoksia, mutta pääosin kaiken tulisi jo toimia.

## 4 TALOUS

### 4.1 Kannattavuus

Kannattavuudella tutkitaan liiketoiminnan tai yrityksen taloudellista tuottavuutta. Tuottavuuden selvittämiseksi tarkastellaan yrityksen tuottojen ja kulujen suhdetta toisiinsa. Yritys saa tuloja myymistään palveluista ja tuotteista, ja näiden tuottaminen taas aiheuttaa yritykselle kuluja. Yrityksen toiminta on kannattavaa, kun sen tuotot ovat menoja suuremmat. (E-conomic 2014.)

Usein käytetään käsitteitä absoluuttinen ja suhteellinen kannattavuus. Absoluuttinen kannattavuus tarkoittaa yrityksen tai liiketoiminnan tuottojen ja kulujen erotusta, toisin sanoen voittoa. Suhteellista kannattavuutta selvitettäessä verrataan tuottojen ja menojen erotusta yrityksen pääomaan. (E-conomic 2014.)

### 4.2 Käyttöpääoma

Käyttöpääoma on osa yrityksen pääomaa, joka sitoutuu tuotantoon tehtaan käydessä. Yleensä yrityksen menot koostuvat raaka-aineisiin menevistä kuluista, tuotantoon tarvittavista kuluista, kaikista varastoon hankituista tuotteista tai yrityksen itse valmistamista tuotteista aiheutuvista menoista, asiakkailta saamattomista maksuista sekä kiinteisiin kustannuksiin lukeutuvista työntekijöiden palkoista ja tontilla olevien rakennusten vuokrasta (taulukko 2). (VirtuaaliAMK 2014.)



TAULUKKO 2. Käyttöpääoman laskeminen (taloussanomat 2014.)

Myyntisaamiset
+Vaihto-omaisuus
+Vaihto-omaisuudesta maksetut ennakkomaksut
-Ostovelat
-Saadut ennakot
=Käyttöpääoma

#### 4.3 Rahan riittävyys ja rahoituslaskelma

Rahan riittävyys voidaan selvittää tekemällä rahoituslaskelma (taulukko 3), jota voidaan kutsua myös kassavirtalaskelmaksi. Rahoituslaskelmasta käy ilmi, mistä yritys on tulonsa saanut ja mihin rahaa on käytetty yhden tilikauden aikana. Laskelmaa voidaan käyttää yritysten välisissä vertailuissa ja tilinpäätöksen käyttäjä voi sen avulla arvioida yrityksen taloudellisen tilanteen. (Edilex 2007.)

TAULUKKO 3. Rahoituslaskelmaan liittyviä käsitteitä (Edilex 2007.)

<b>Rahavirta</b> = Rahojen virtausta yhteisöön ja yhteisöstä tilikauden aikana
<b>Rahavarat</b> = Käteisvarat ja muut rahavarat
<b>Käteisvarat</b> = Käteinen raha ja vaadittaessa maksettavat talletukset
<b>Muut rahavarat</b> = Lyhytaikaisia, likvidejä sijoituksia, jotka on helppo muuttaa käteisvaroiksi. Arvonmuutosriski on pieni.
<b>Liiketoiminta</b> = Yrityksen tarkoitus tuottaa jatkuvaa ja suunnitelmallista tuotteiden tai palveluiden tuottamista ja myymistä.
<b>Investoinnit</b> = Hyödykkeiden ja sijoitusten hankkimisesta ja myymisestä saatavat korko- ja osinkotulot.
<b>Rahoitus</b> = Oman pääoman ja vieraan rahoituspääoman lisäykset ja vähennykset sekä omalle pääomalle maksettavat korvaukset ja muut voitonjaot.

#### 4.4 Herkkyysanalyysi

Herkkyysanalyysilla yritys voi arvioida kaikki investointeihin liittyvät taloudelliset riskit. Tällä menettelyllä voidaan myös selvittää kaikki investointilaskelmien lähtötiedoissa esiintyvät virheet, ja niiden vaikutukset investoinnin kannattavuuteen. (Amk 2014.)

Herkkyysanalyysi auttaa yrityksen päätöksentekijöitä näkemään kokonaiskuvan siitä, mitkä tekijät vaikuttavat kaikista kriittisimmin investoinnin kannattavuuteen. Herkkyysanalyysissa lasketaan investoinnin nykyarvo erilaisilla kassavirta-arvoilla. Jos investoinnin nykyarvo menee negatiiviseksi pienestäkin myynninarvon pudotuksesta, on yrityksen kannattavaa tarkentaa tulevan myynnin arviointia ja keskittyä myynnin lisäämiseen enemmän. Herkkyysanalyysi saattaa joissain tapauksissa esittää investoinnin kannattavuuden olevan riippumaton energiaan menevistä kustannuksista. Koska energiakustannusten määrä vaihtelee useasti, ei tätä osuutta kannata ottaa analyysiin mukaan. (Leppiniemi & Puttonen 2002, 110.)

Herkkyysanalyysin käyttö on aiheellista esimerkiksi tuotantokoneiden hankinnan yhteydessä, kun on tarve selvittää hankinnan hyöty yritykselle. Analyysi toimii myös silloin, kun tarkastellaan raaka-aineiden hintojen muutoksia ja niiden vaikutusta yrityksen toimintaan.

#### 4.5 Kapasiteetin ja laitekannan määrittely

Kun on suunniteltu tehtaan tuotantoprosessin toiminta ja tuotannon kapasiteetti, voidaan siirtyä suunnittelemaan tuotannon yhtä tärkeintä osa-aluetta, laitekantaa. Tuotantokoneiden ja välineiden tarve on syytä tutkia tarkasti. Tämän vuoksi määritellään kussakin prosessin työvaiheessa käytettävät raaka-aineet, ja huomioidaan kaikkien tuotannossa syntyvien sivutuotteiden määrät ja käyttö. Työaikalaskelmia voidaan hyödyntää tuotantokoneiden kapasiteetin valinnassa. (Koponen 1988, 31.)

Yleensä materiaalivirrat ovat suuret, kun tarkastellaan mekaanista puuteollisuutta ja materiaalin kuljetuksen suunnittelussa onkin otettava huomioon, että tuotannossa pystytään käsittelemään suuria tuotantoeriä. (Koponen 1988, 31.)

Laitekannan suunnittelun jälkeen seuraa projektin kustannuksien tarkastelu. Tämä projektivaihe etenee pitkälti samaa polkua tehdassuunnitteluprosessin kanssa. (Koponen 1988, 31.)

#### 4.6 Investointilaskelmat

Erilaisten hankkeiden alussa on tärkeää selvittää investoinnin kuormitus yrityksen talouden kannalta. Tässä luvussa käsitellään takaisinmaksuaikaa, nykyarvomenetelmää ja sisäistä korkoa. Luvussa esitetään myös laskukaavat näiden arvojen laskemiseen.

##### 4.6.1 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuaika menetelmällä selvitetään missä ajassa investoinnin nettotuotot maksavat investointiin kulutetut rahat takaisin. Takaisinmaksuaika voidaan laskea kaavalla, jossa hankintakustannuksen arvo jaetaan vuotuisella nettotuotolla. Esimerkiksi hankinta hinta 20000 euroa / vuotuinen nettotuotto 5000 euroa = investoinnin takaisinmaksuaika 4 vuotta. Menetelmä on yleisessä käytössä sen helpon laskutoimituksen vuoksi, mutta siinä ei oteta huomioon korkoa. Korko voidaan huomioida laskemalla halutun koron mukainen nykyarvo jokaista vuosituottoa kohti ja tämän jälkeen tarkistaa takaisinmaksuaika. Yrityksen on edullista suorittaa investoinnit, mitkä pystyvät tuottamaan siihen sijoitetut varat takaisin nopealla aikavälillä. Takaisinmaksuaikamenetelmää ei kannata käyttää ainoana arviointimenetelmänä, koska se ei kerro investoinnin kannattavuutta, vaan rahoitusvaikutuksen. On suositeltavaa käyttää lisänä sellaista laskumenetelmää, jossa otetaan huomioon investoinnin tuotto eli korko. (Yritystulkki, 9, 10.)

#### 4.6.2 Nykyarvomenetelmä

Nykyarvomenetelmässä vuotuiset nettotuotot muutetaan investointiajankohdan rahamääräksi eli nykyarvoiksi käyttämällä diskonttausta. Diskonttauksessa otetaan huomioon rahan aika-arvo, jolloin tulevaisuudessa saatavan rahamäärän arvo on pienempi, kuin samansuuruisen rahamäärän arvo nykyhetkenä. Rahamäärät oletetaan saatavaksi vuosittain ja suoritusten välillä on aina väliä tasan vuosi. Investoinnin ensimmäinen nettotuotto saadaan vuoden kuluttua siitä, kun investointi on suoritettu. (Amk 2009.)

Kun nettotuotot on diskontattu, kutsutaan nykyarvojen yhteenlaskettua summaa nykyarvosummaksi. Nykyarvosummaa verrataan investoinnin hankintamenoon ja kannattavassa investoinnissa sen nykyarvo on suurempi kuin siihen käytetyt hankintamenot.

Nykyarvomenetelmässä oletetaan, että kaikki investoinnin kestoaikana saatavat nettotuotot voidaan sijoittaa uudelleen, jolloin niille voidaan saada laskentakorkokannan mukaista tuottoa. Nykyarvomenetelmällä voidaan laskea investointien kannattavuus, jotka on rahoitettu omalla tai vieraalla pääomalla ja se sallii vuotuisten tuottojen ja kustannusten vaihtelun. (Amk 2009.)

Nykyarvoa merkitään kirjainyhdistelmällä NNA, ja se lasketaan kaavalla:

$$NNA = \frac{S_1}{1+k} + \frac{S_2}{(1+k)^2} + \frac{S_3}{(1+k)^3} + \dots + \frac{S_n}{(1+k)^n} - I_0$$

missä  $S_t$  = nettokassavirta vuonna t

$I_0$  = Investoinnin kustannus vuonna 0 (perusinvestointi)

k = laskentakorkokanta

Kaavassa verrataan tulevien kassavirtojen nykyarvoa investoinnissa meneviin kustannuksiin. (Leppiniemi & Puttonen 2002, 87.)

#### 4.6.3 Sisäinen korko

Siinä missä nykyarvomenetelmällä saadaan laskettua investoinnin kannattavuuden rahamääräinen arvio, saadaan sisäisen korkokannan menetelmällä selville investoinnin tuotto prosentti. Investoinnin sisäinen korkokanta saadaan laskettua kaavalla:

$$I_0 = \frac{S_1}{1+r} + \frac{S_2}{(1+r)^2} + \frac{S_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{S_n}{(1+r)^n}$$

missä  $S_t$  = Nettokassavirta vuonna t

$I_0$  = Investoinnin kustannus vuonna 0 (perusinvestointi)

r = Investoinnin sisäinen korkokanta (IRR)

Investoinnilta vaadittavaa tuottoa merkitään k:lla. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että investointi voidaan hyväksyä, kun  $IRR \geq k$  ja hylätä, kun  $IRR \leq k$ .  
(Leppiniemi & Puttonen 2002, 91.)

Sisäisen korkokannan ja nykyarvomenetelmän laskukaavat ovat lähes identtiset. Kun asiaa tarkastellaan käytännössä, huomataan että investoinnin sisäinen korkokanta on se laskentakoronarvo, millä investoinnin nykyarvo (NNA) on nolla. Investoinnin kannattavuus on sitä parempi, mitä suurempi on sisäisen korkokannan ja investoinnilta vaadittavan tuoton välinen positiivinen ero.  
(Leppiniemi & Puttonen 2002, 92.)

## 5 TYÖTURVALLISUUS

Jokaisessa tehtaassa on huolehdittava henkilöstön työturvallisuudesta ja tehdastilojen oikeanlaisesta palosuojauksesta. Työsuojelulaissa on määrätty, että työnantaja on velvollinen huolehtimaan työntekijöiden työturvallisuudesta ja terveydestä. Turvallisuustekijät on otettava huomioon jo tehtaan suunnitteluvaiheessa. (Työsuojelu 2014.) Tässä osiossa lähdetään liikkeelle henkilöstön koulutuksesta ja edetään palosuojeluun ja erilaisiin sammutustekniikoihin.

### 5.1 Henkilöstön koulutus

Aina kun tuotantoon tulee joko uusi kone tai uusi työntekijä, täytyy konetta käyttävät henkilöt kouluttaa. Kouluttaminen voidaan aloittaa jo tuotannonsuunnittelu vaiheessa, jolloin henkilöstö saa selkeän käsityksen tuotannon kulusta. Monissa tapauksissa uuden koneen toimittaja järjestää henkilökunnan koulutustilaisuuden joko pyytämällä tai suoraan kaupanpäällisinä.

Monissa tehtaissa on omasta takaa huoltomiehiä ja myös heidät koulutetaan pitämään laitteet kunnossa. Oikeanlainen huolto säästää merkittävästi korjauskuluja ja lisää koneiden käyttöikää. Koneiden huolto-ajat tulee suunnitella siten, että niistä ei ole merkittävää haittaa tuotannolle. Yleensä huollot suoritetaan työpäivän alussa tai lopussa. (Boncamper 1995, 48.) Jos tuotanto pyörii useassa vuorossa, huolto pyritään tekemään silloin, kun tuotannon kuormitus on pienempää.

Koneiden lisäksi henkilöstölle opetetaan oikeat työskentelytavat, sekä käydään läpi tilat, joihin esimerkiksi tulipalon sattuessa kokoonnutaan.

### 5.2 Koneiden käyttöönotto

Suomenlaissa on määrätty, että käyttöönotto hetkellä koneessa tulee olla kiinnitettynä CE-merkintä. Jos koneelle suoritetaan koekäyttöä ennen virallista käyttöönottoa, CE-merkintää ei vaadita. (Koneturvallisuus 2007, 35, 44.)

### 5.3 Palosuojelu

Olennainen osa tehdassuunnittelua on varautua tulipalon aiheuttamille ihmis- ja omaisuusvahingoille. Erityisen suuri tulipalon riski on puuteollisuudessa, jossa tehtaissa on suuret palokuormat. Suunnittelun päätavoitteena on taata ihmisten ja omaisuuden turvallisuus rakenteellisella palontorjunnalla. (Koponen 1988, 55.)

Suomessa palomääräykset on esitetty sisäasiainministeriön kokoamassa rakentamismääräyskokoelmassa ohjeessa E1. Tässä kokoelmassa on yksityiskohtaiset määräykset teollisuus- ja varastorakennusten palontorjunnalle. Rakenteellisella palontorjunnalla pyritään estämään palon syttyminen ja sen leviäminen, turvaamaan ihmisten poistuminen sekä estämään rakennuksen sortuminen palon sattuessa. (Koponen 1988, 55.)

### 5.4 Palo-osastointi

Palovahinkoja pyritään minimoimaan tehtaan rakenteellisilla ratkaisuilla. Tehtaan tilat rakennetaan osastoihin ja niiden välillä on tietyt turvaetäisyydet. Osastointi tehdään yleensä siten, että saman paloriskin ja sammutustavan omaavat tilat sijoitetaan samaan osastoon. (Koponen 1988, 55.)

Osastoinnin tavoitteena on estää ja hidastaa tulipalon leviämistä rakennuksessa. Kun tulipalo rajoittuu yhteen osastoon, saadaan vahinkojen määrää pienennettyä. Hyvin suunnitellulla osastoinnilla mahdollistetaan ihmisten turvallinen poistuminen palavasta tilasta. (Paloturvallisuus-info 2014.)

Tyypillisesti porrashuoneet, asuinhuoneistot, autotallit, kattilahuoneet, tehtaan tuotantotilat ja tuotevarastot ovat omia palo-osastojaan. Palo-osastojako ei saa muuttaa ilman, että siitä tehdään lailliset merkinnät rakennuslupa- (Paloturvallisuuslaitteet ja järjestelyt 2009, 23.)

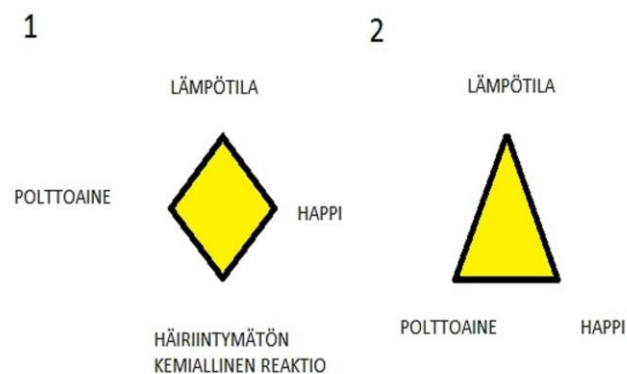
Palo-osastoinnissa käytetään osastointiin sopivia väliseiniä ja välipohja ratkaisuja. Osastointiin on käytettävä seinää, jossa on palo-ovi ja mahdollisten ikkunoiden ja luukkujenkin on oltava palo-osastoivia. Ilmanvaihtolaitteistojen palo-osastoinnit suoritetaan asentamalla palopellit ja kanavat. Koska palo-osastojen tarkoituksena

on estää kuumien palokaasujen leviäminen osastosta toiseen, on kaikkien osastoivien rakenteiden oltava riittävän tiiviitä. Tämän vuoksi myös ilmanvaihtokanavien, putkien ja kaapeleiden läpivientikohdat on tiivistettävä hyvin. (Paloturvallisuus ja järjestelyt 2009, 23.)

## 5.5 Palaminen

Tulipalo on tapahtuma, jossa tuli aiheuttaa tai uhkaa aiheuttaa vahinkoa.

Palaminen on aineen yhdistymistä hapen kanssa siten, että syntyy korkea lämpötila ja valoilmiö. Jotta palaminen on mahdollista, tulee kaikkien palamisen perusedellytysten olla voimassa. Palaminen estyy, jos yksikin näistä tekijöistä puuttuu. Kuviossa 2 esitetään liekehtivän palon ja hehkupalon perusedellytykset. Jotta liekehtivä palo olisi mahdollista, tarvitaan polttoaine, happea (ilmaa), riittävä lämpötila ja häiriintymätön kemiallinen reaktio. Hehkupaloon tarvitaan polttoaine, happea (ilmaa) ja riittävä lämpötila. Hehkupalossa happi yhtyy suoraan polttoaineeseen aineen pinnassa ilman välittäviä reaktioita. (Hyttinen, Tolonen, Väisänen. 2008. 14, 17.)



KUVIO 2. Liekehtivän palon ja hehkupalon perusedellytykset (Hyttinen ym. 2008. 17.)



Hapen määrä vaikuttaa ratkaisevasti palamiseen. Ilman suuri happipitoisuus kiihdyttää palamisreaktiota ja happivaje hidastaa sitä. Esimerkiksi pieni liekki sammuu usein, kun ilman happipitoisuus on 16 t-% (tilavuusprosenttia) tai tätä pienempi. Harvoissa tapauksissa pieni liekki palaa, vaikka happipitoisuus laskee alle 12 t-%:n. Kun kyseessä on huonepalo, joka on saavuttanut täyden palon vaiheen, palaminen jatkuu edellä mainittuja pienemmissäkin ilman happipitoisuuksissa. (Hytinen ym. 2008. 17.)

Palamisreaktio vaatii polttoainetta eli hiilivetyjä, esimerkiksi puuta, kivihiiltä ja polttoöljyä. Hiilivetyjen lisäksi myös jotkin kemikaalit ja metallit luetaan polttoaineisiin. Näitä ovat esimerkiksi rikki, fosfori, natrium, kalium, alumiini ja rauta. Palontorjunnassa polttoaineiksi luetaan kaikki eksotermisesti palavat aineet eli aineet, jotka palaessaan synnyttävät enemmän lämpöä kuin mitä kuluu palamisreaktioihin. (Hytinen ym. 2008. 17, 18.)

Neljäs liekehtivän palon edellytyksistä on häiriintymätön kemiallinen reaktio. Liekipalo tapahtuu usein osareaktioiden kautta, joita voi olla jopa kymmeniä. Viritetyssä tilassa olevat radikaalit, vapaat atomit tai molekyylin osat, kuten H $\cdot$ ,  $\cdot$ OH ja  $\cdot$ CH $_3$  ovat ratkaisevan tärkeitä reaktion etenemisnopeudelle. (Hytinen ym. 2008. 18.)

## 5.6 Palojen luokitus

Suomessa on käytössä eurostandardi SFS 3062 – EN2, jossa palot luokitellaan luokkiin A-D. Palojen luokitukset on esitetty taulukossa 5. Sähkölaitteissa tapahtuvat palot luokitellaan luokkiin B tai C sen mukaan, onko niissä palavana aineena kaasua vai nestettä. Taulukossa esiintyviä luokkakirjaimia käytetään käsisammuttimien merkinnöissä ja jauhetyyppien nimissä. (Hytinen ym. 2008. 19.)

TAULUKKO 5. Paloluokat (Hyttinen ym. 2008. 19.)

PALOLUOKAT	AINE PALAA	ESIMERKKEJÄ
<b>A</b> JÄHMEIDEN, TAVALLISESTI ORGAANISTEN, HEHKUEN PALAVIEN AINEIDEN PALOT	LIEKEHTIEN, HEHKUEN, KYTEMÄLLÄ	PUU, PAPERI, HIILI
<b>B</b> NESTEMÄISTEN JA NESTYTYVIEN AINEIDEN PALOT	LIEKEHTIEN	BENSIINI, PETROLI, STEARIINI
<b>C</b> KAASUJEN PALOT	LIEKEHTIEN	NESTEKAAASU, ASETYLEENI
<b>D</b> METALLIEN PALOT	LIEKEHTIEN, HEHKUEN	ALUMIINI, MAGNESIUM

### 5.7 Sammuttaminen ja sammutteet

Sammuttaminen määritellään toiminnaksi, jossa poistetaan palamisen edellyttäviä tekijöitä. Tulokseen päästään sitä tehokkaammin, mitä useampi edellytys saadaan poistettua. (Hyttinen ym. 2008. 84.)

Sammuttamisella pyritään katkaisemaan palamisen ketjureaktio jäähdyttämällä, tukahduttamalla tai raivaamalla palo-aluetta. (Paloturvallisuus-info 2014.) Näitä asioita käsitellään seuraavassa luvussa.

Sammutteita käytetään tulipalojen sammutuksessa, palonehkäisyssä sekä sammuttajan suojaamisessa liialta lämpösäteilyltä suojasumun avulla. Yleensä palon sammuttamiseen käytetään yhtä sammutetta, esimerkiksi vettä. Useissa tapauksissa tehokkaampaan lopputulokseen päästään sammutteiden yhteiskäytöllä eli käytetään kahta eri sammutetta. Esimerkiksi polttonestepalot sammutetaan ensin jauheella ja tämän jälkeen nesteen pinnalle suikutetaan vaahtopatja, joka estää kuumien pintojen tai kipinöiden aiheuttaman nesteen syttymisen uudelleen. (Hyttinen ym. 2008. 95.)

Alla olevassa kuviossa 3 esitetään sammutusvaikutuksen perusteella tehty sammutteiden jaottelu. Inhibitio on reaktio, jossa pyritään hidastamaan liekkipalossa tapahtuvaa kemiallista reaktiota. Aineet, joita kutsutaan inhibiiteiksi,

hidastavat kemiallista reaktiota osuessaan liekkeihin. Halonit ja ABC- ja BC-jauheet sisältävät inhibiittoreita ja etenkin vapautuneesta halogeenista syntyvä bromi poistaa palamisreaktiossa vety ja hiilidioksidi- radikaaleja muodostaen niistä vettä. Halonit ovat kaasumaisia sammutteita, joita käytetään käsisammuttimissa ja kiinteissä sammutuslaitteistoissa. Halonit ovat kemiallisia yhdisteitä, joissa hiilivedyn, yleensä metaanin ( $\text{CH}_4$ ) vetyatomit on korvattu fluorilla, kloorilla ja bromilla. (Hytinen ym. 2008. 94, 103.)

- Ensisijaisesti jäähdyttävät sammutteet = vesi, märkä vesi
- Ensisijaisesti tukahduttavat sammutteet = argon, helium, hiilidioksidi, typpi, Inergen, vesihöyry, kuumuudessa muuttumattomat aineet → hiekka, sepeli
- Jäähdyttävät ja tukahduttavat sammutteet = vaahdot
- Inhibitioon perustuvat sammutteet = halonit
- Liekkipalon jäähdytykseen ja inhibitioon perustuvat sammutteet = ABC – ja BC -jauheet

KUVIO 3. Sammutteiden jaottelu (Hytinen ym. 2008. 96.)

#### 5.7.1 Vesi

Veden pääasiallinen sammutusvaikutus on jäähdytys. Huonepaloa sammuttaessa vesihöyryn aiheuttama tukahduttava vaikutus lisää sammutustehoa. Kun paloon suihkutetaan vettä, se kuumenee ja höyrystyy. Tällöin vesi sitoo 2,6 MJ lämpöä yhtä vesikilogrammaa kohti. Vesisumun pisarat heikentävät liekestä palaviin aineisiin siirtyvää lämpövirtaa, koska sumupisarat absorboivat lämpösäteilyä ja sirottavat sitä. Kun pisaroiden koko pienenee, paranevat sumun lämpösäteilyn absorbointi- ja sirottamiskyky. Vesihöyryllä on paloa tukahduttava vaikutus.

Vesihöyry nostaa palotilan painetta ja heikentää näin tilaan virtaavan ulkoilman määrää. (Hytinen ym. 2008. 97.)

Vedellä paloja sammutettaessa on otettava huomioon sen kemialliset ja fysikaaliset reaktiot tiettyjen aineiden kanssa. Kun vesi yhtyy hiilidioksidin, rikkidioksidin, rikkitrioksidin ja kloorivedyn kanssa, syntyy erilaisia happoja. Happohöyryt ovat myrkyllisiä, ja nämä reaktiot on huomioitava sammuttajan suojauksessa. Kun vedellä sammutetaan metalleja, kuten magnesiumia, alumiinia, sinkkiä, rautaa, titaania ja termiittiä, metallit hajottavat veden vedyksi ja hapeksi. Vety palaa räjähdysmäisesti ja aiheuttaa metallin räiskymistä palo ympäristöön. Öljy-, rasva- ja bitumipaloissa palavan nesteen pinnan lämpötila on yli 100 °C. Kun nesteen pinnalle suihkutetaan vettä, vesi kuumenee hyvin nopeasti ja ja aiheuttaa räjähdysmäisen veden höyrystymisen. Tällöin palava aine räiskyy levittäen paloa ympäristöön ja aiheuttaen sammuttajalle palovammoja. Suorasuihkutus ei sovi näiden palojen sammutukseen lainkaan. Parempi vaihtoehto on käyttää sumusuihkua. (Hytinen ym. 2008. 98.)

#### 5.7.2 Hiilidioksidi

Hiilidioksidi on väritön ja hajuton inerttikaasu. Sen kemiallinen kaava on  $\text{CO}_2$ , moolimassa 44 g/mol ja kaasun tiheys NTP- olosuhteissa on 1,98 kg/m<sup>3</sup>. Tiheys ilmaan verrattuna on 1,5- kertainen. Hiilidioksidin etuja ovat, että se voidaan varastoida nestemäisessä muodossa painesäiliöihin normaaleissa lämpötiloissa. Lisäksi hiilidioksidi ei likaa ympäristöä eikä aineita paloa sammutettaessa. Se ei myöskään aiheuta metallipintojen kulumista. Suurissa pitoisuuksissa hiilidioksidi on ihmiselle vaarallista. On siis tärkeää, ettei sammutettuun tilaan mennä ennen hyvin suoritettua tuuletusta. (Hytinen ym. 2008. 101.)

Hiilidioksidin sammutusvaikutus perustuu vesihöyryn tavoin pääasiassa tukahdutukseen. Liekkipalo sammuu kun hiilidioksidia sumuttamalla lasketaan palotilan happipitoisuutta. Hiilidioksidipitoisuutta ilmassa saadaan lisättyä, kun palotilaan sumutetaan hiilidioksidia noin 0,6kg tilan jokaista kuutiometriä kohti. (Hytinen ym. 2008. 102.)

Hiilidioksidi sopii hyvin B- ja C-luokan palojen ja sähkötilojen sammutukseen. Koska hiilidioksidista ei synny kuumuudesta aiheutuvia hajoamistuotteita, se sopii hyvin kohteisiin, joissa on korkeat pinta- ja käyttölämpötilat. Myös elintarviketeollisuuden tiloissa ja keittiöissä voidaan käyttää hiilidioksidia, koska se ei aiheuta vahinkoa elintarvikkeille. (Hyttinen ym. 2008. 102.)

Hiilidioksidia ei suositella käytettäväksi A-luokan paloissa, vaikka se sammuttaakin liekkiä tehokkaasti. Hehkupalon sammutus sen sijaan onnistuu vain silloin, kun palava aine on tietyn aikaa kaasuseoksessa, jonka hiilidioksidipitoisuus on riittävän korkea. Happea sisältävän kemikaalin, kuten selluloosanitraatin sammutuksessa hiilidioksidin tukahduttavavaikutus ei toimi. Jos palava aine on reaktiivinen metalli, kuten kalium, magnesium, natrium, titaani tai zirkonium, hiilidioksidi ei toimi, koska nämä metallit hajottavat aineen. Myös ulkosammutuksessa hiilidioksidi on huono vaihtoehto, koska se leviää helposti ympäristöön ilmavirrasta johtuen. (Hyttinen ym. 2008. 103.)

### 5.7.3 Sammutusjauheet

Sammutusjauheet voidaan ryhmitellä kahteen eri tyyppiin. ABC- jauheet sopivat nimensä mukaisesti A-, B- ja C-luokkien palojen sammutukseen. Nämä jauheet sammuttavat hehku- ja liekkiä. Toisen tyyppin jauheet ovat BC- jauheita, joilla sammutetaan B- ja C- luokkien paloja. Näitä jauheita käytetään liekipalojen sammutuksessa. (Hyttinen ym. 2008. 105.)

Sammutusjauheilla on pääasiassa kaksi eri sammutusmekanismia. Ensimmäinen mekanismi on liekkivaikutus, joka voidaan jakaa jauheen lämpenemisestä ja hajoamisesta aiheutuvaan jäähdytysvaikutukseen ja hajoamistuotteiden kemialliseen vaikutukseen. Edellä mainitut mekanismit ovat mukana silloin, kun liekipalon sammutukseen käytetään BC-jauheita. Natrium- ja kaliumbikarbonaattijauheet hajoavat karbonaatiksi, hiilidioksidiksi ja vedeksi, kun lämpötila on 100-200 °C. Lämpötilan noustessa 800-900 °C:een karbonaatti jatkaa hajoamistaan kalimetallioksidiksi ja hiilidioksidiksi, ja kaliumoksidi hajoaa kaliumiksi ja hapeksi. Natriumoksidi sen sijaan ei hajoa muiksi aineiksi, vaan

hajoaa. Nämä kemiallisetreaktiot kuluttavat lämpöä, jolloin itse tulipalo jäähtyy. (Hyttinen ym. 2008. 106, 107.)

Toinen sammutusmekanismi on pintavaikutus, joka syntyy, kun jähmeän palavan aineen pinnalle muodostuu epäorgaanista polymeeria. Tämä aine pysäyttää pyrolyysin ja estää palavaa ainetta pääsemästä kosketuksiin hapen kanssa. Sammutusvaikutus on tukahduttava ja tätä mekanismia käytetään sammutuksessa, kun kyseessä on A- luokan palo. A- luokan palojen, tarkemmin sanottuna kytävien kuitupalojen sammutukseen käytetään ABC- jauheita, kuten esimerkiksi sulfaatti- ja fosfaattijauheita, koska sulfaatti- ja fosfaattianioneilla on taipumus muodostaa epäorgaanisia polymeerejä. (Hyttinen ym. 2008. 107.)

#### 5.7.4 Sprinklerit

Sprinkleri on kattoon asennettava automaattinen vesisammutuslaitteisto, joka alkaa toimia automaattisesti tulipalon syttyä. Sprinklerilaitteisto havaitsee nopeasti alkavan palon ja alkaa tuoda vettä alueelle, jossa tulipalo tapahtuu. Ne ovat nopeatoimisia ja niin tehokkaita sammutuksessa, että yleensä tulipalo saadaan sammumaan pelkällä sprinklerijärjestelmällä. (Pelastustoimi 2014.)

Sprinklerin korkea sammutustehokkuus perustuu siihen, että se aloittaa tulipalon sammuttamisen hyvin aikaisessa vaiheessa palon syttymishetkellä. Näin ollen palo on helppo saada hallintaan, eikä se ehdi tehdä suurta vahinkoa. Sprinklerijärjestelmän tarkoitus on mahdollistaa ihmisten turvallinen poistuminen ja pelastuminen tulipalon sattuessa. (Pelastustoimi 2014.)

Järjestelmä valvoo jatkuvasti rakennusta tulipalojen varalta ja palon sattuessa välittää siitä välittömästi tiedon palokellolla rakennuksessa oleville ihmisille ja hätäkeskukseen, jotta apua saadaan nopeasti paikalle. Tulipalo tilanteessa sprinkleri antaa ihmisille suojaa pitämällä savu- ja lämpötilatasojen nousun hitaana. Savun määrä ei nouse hengenvaaralliselle tasolle ja lämpötilankin nousu hidastuu ja pysähtyy tehokkaasti. (Pelastustoimi 2014.)

Sprinklerilaitteiston osia ovat sprinklerisuuttimet, putkisto ja yleiseen vesijohtoverkkoon liitetty sprinklerikeskus. Järjestelmän tarvitsema vesimäärä

voidaan tarvittaessa varastoida erilliseen painesäiliöön. Kun tulipalo syttyy ja tilan lämpötila nousee riittävän korkealle, sprinklerikapselit rikkoutuvat yksitellen ja vesi pääsee virtaamaan ja levittäytymään suuttimista palo-alueelle. Kun hälytysventtiilin läpi virtaa vettä, tekee järjestelmä palohälytyksen hätäkeskukseen ja rakennuksessa oleville ihmisille. Laitteisto rajoittaa paloa tehokkaasti, koska se ohjaa sammutusveden suoraan palavalle alueelle. (Pelastustoimi 2014.)

Pelastustoimen laitelaki 7 § velvoittaa, että laitteet ovat toimintavarmoja ja käyttötarkoitukseen sopivia. Rakennukseen kiinteästi asennettava sammutuslaitteisto on suunniteltava ja asennettava, niin että ne toimivat luotettavasti ja asianmukaisesti. (Pelastustoimi 2014.)

## 5.8 Sammutustekniikat

Tässä luvussa käsitellään yleisimpiä sammustekniikkoja, niiden lähtökohdista itse sammuttamiseen.

### 5.8.1 Jäähdyttäminen

Jäähdytys on lämpötilan alentamista. Lämpötila pyritään laskemaan sille tasolle, että palo sammuu eikä syty enää uudelleen, kun jäähdytys lopetetaan. Tulipaloa voidaan jäähdyttää kolmella eri tavalla. (Hyttinen ym. 2008. 84, 85.)

Yksi tapa on jäähdyttää vain palavaa ainetta. Kun puu palaa ja sitä aletaan jäähdyttää, pyrolyysi heikkenee ja lakkaa sammutuksen jatkuessa kokonaan. Kun kyseessä on nestepalo, nesteen pintaa jäähdytetään alle leimahduspisteen, jolloin liekkipaloon tarvittavien höyryjen muodostuminen vähenee. (Hyttinen ym. 2008. 85.)

Toinen tapa on jäähdyttää pelkästään liekkejä ja savua. Kun liekkejä ja kuumaa savua jäähdytetään, lämpövirran siirtyminen itse palavaan aineeseen vähenee ja pyrolyysi ja nesteen höyrystyminen heikkenee. (Hyttinen ym. 2008. 85.)

Tehokkain tapa sammuttaa tulipalo on jäähdyttää palavaa ainetta ja liekkejä. Esimerkkinä voidaan pitää huonepaloa, jossa tuli saadaan tehokkaasti

sammutettua jäähdyttämällä yhtä aikaa tai peräkkäin liekehtivää savuverhoa ja palavaa ainetta. (Hyttinen ym. 2008. 85.)

Tavallisin sammutustapa on sitoa palosta syntyvä lämpö jäähdyttävään sammutteeseen, esimerkiksi veteen. Kun esimerkiksi palavaan lautaseinään suihkutetaan vettä, vesi lämpenee ja kuumenee. Osa kuumentuneesta vedestä höyrystyy ja tämä sitoo palosta tulevaa lämpöä. (Hyttinen ym. 2008. 85, 86.)

### 5.8.2 Lämpötilan tasoittaminen

Lämpötilan tasoittamista käytetään sammutustekniikkana silloin, kun kyseessä ovat suuret polttonestevarastopalot. Polttonesteen palamisen edellytys on, että nesteen pinta lämpötila on korkeampi, kuin sen leimahduslämpötila. Kun polttoneste on säiliössä, nesteen lämpötila on huomattavasti alhaisempi säiliön alaosassa. Talvella säiliön alaosassa olevan nesteen lämpötila voi olla jopa alle 0 °C. Jotta tällainen palo saadaan sammutettua, täytyy säiliön sisältö saada sekoittumaan, joilloin pinnalla oleva kuuma neste sekoittuu pohjalla olevan kylmemmän nesteen kanssa. Kun nesteen kuumat ja kylmät osat sekoittuvat, leimahduslämpötila laskee ja palo sammuu hyöryn muodostumisen lakattua. Sekoittaminen tapahtuu suihkuttamalla säiliön pohjasta raskasvaahtoa palavaan nesteeseen. Tämä aiheuttaa nesteen sekoittumisen ja samalla vaahto muodostaa nesteen pinnalle vaahtopatjan, jolla varmistetaan palon sammuminen. (Hyttinen ym. 2008. 86.)

### 5.8.3 Tukahduttaminen

Tukahduttamisella tulipalolta viedään palamiseen vaadittava happi peittämällä palo esimerkiksi sammutuspeitteellä. Tämä sammutustapa rajoittuu pieniin tulipaloihin. (Paloturvallisuus-info 2014.)

Tukahdutuksessa ilman happipitoisuus pienennetään alle rajahappipitoisuuden. Rajahappipitoisuus on ilman happipitoisuuden suurin arvo, jossa tulipalo ei enää ole mahdollinen. Liekkipalot sammuvat yleensä, kun happipitoisuus on 12-15 t-%.



Hehkuen palavat aineet, esimerkiksi puuhiili, pystyvät palamaan liekkipalaa alemmissa happipitoisuuksissa. (Hyttinen ym. 2008. 88.)

Sulkemalla palo umpinaiseen tilaan, palava aine eristetään ilmasta. Palo sammuu, kun se on käyttänyt loppuun suljetussa tilassa olevan hapen. Tulipalo voidaan tukahduttaa esimerkiksi sammutuspeitteellä tai sammutusjauheilla. Hehkupalossa käytetään ABC- jauheita, joilla tukahduttava vaikutus perustuu jauheen muodostavaan happea eristävään kuoreen, jonka jauhe kuumuudessa sulaessaan muodostaa palavan kappaleen pinnalle. Kuori toimii samalla lämmöneristeenä. (Hyttinen ym. 2008. 88.)

#### 5.8.4 Raivaus

Raivauksessa pyritään poistamaan palava tai syttyvä aine ja rajoittamaan paloa, jotta tulipalo ei pääse leviämään laajemmalle alueelle. (Paloturvallisuus-info 2014.)

Sammutusraivauksella voidaan vähentää sammutusveden määrää ja samalla vähentää vesivahinkojen syntymistä. Rakennuspaloa sammutettaessa seinälaudoitus tai osa siitä poistetaan, jotta päästään sammuttamaan seinän sisällä palavia ja kyteviä eristeitä. Jos kyseessä on kaasupalo, joka tapahtuu säiliössä, voidaan kaasun purkautuminen estää sulkemalla säiliön venttiili ja sulkemalla kaasuvirta. Polttoneste palon sattuessa isossa säiliössä, palo voidaan sammuttaa pumppaamalla nestettä säiliön pohjalta toiseen säiliöön. Koska palo tapahtuu ainoastaan nesteen pinnalla, voidaan tämä operaatio suorittaa vaarattomasti. Näin palavan nesteen määrää saadaan pienennettyä ja palo sammuu kun neste loppuu. (Hyttinen ym. 2008. 92,93.)

Sammutusraivausta ovat myös toiminnot, joissa palava huonekalu siirretään ulos huoneesta, palon eteneminen katkaistaan pitkässä rakennuksessa tai kyöpälo sammutetaan sammutusraivauksen avulla (Hyttinen ym 2008. 93.)

Kyöpälojen sammuttaminen on vaikeaa, koska vesisammutusta käytettäessä vesi ei pääse tunkeutumaan hyvin aineeseen, joka on huokoista, esimerkiksi turve. Tunkeutumista voidaan parantaa käyttämällä märkää vettä. Märkä vesi sisältää

pintajännitystä pienentävää kostutetta. Märän veden kostutteenä voidaan käyttää esimerkiksi astianpesuainetta. Monissa paloissa sammutusraivauksen ja vesijäähdytyksen käyttö yhdessä ovat ainoat keinot saada palo sammumaan. Tällaisia paloja ovat kivihiili-, hake-, turve- ja sahanpurupalot sekä kaatopaikoilla tapahtuvat palot. Näissä tapauksissa kytevä tai kuumentunut alue kaivetaan näkyviin ja jäähdytetään vedellä. ( Hyttinen ym. 2008. 93, 99.)

Pienten palojen sammutuksessa savupatjan jäähdytys suoritetaan katkonaisella sumusuihkulla ja kuumien pintojen sammutukseen sopii paremmin jatkuva sumusuihku. Pienpisarasammutuksen suorittajalta edellytetään, että hän tuntee palon etenemisen vaiheet. (Vtt 2014.)

## 6 PROJEKTIT JA PROJEKTIOHTAMINEN

### 6.1 Projektin määritelmiä

Projekti määritellään siten, että se on mikä tahansa kokonaisuutena ohjattu, kertaluontoinen työsuoritus, jolla on selkeä tavoite. Kun määritelmässä puhutaan termistä kokonaisuutena ohjattu, sillä tarkoitetaan, että työn raamit on määritelty ennen työn aloittamista työsuunnitelmassa, jota myös projektisuunnitelmaksi kutsutaan. Ohjaus perustuu projektisuunnitelman käyttöön, kun projektin toteutumisen onnistumista arvioidaan. Projektisuunnitelmassa määritellään alkavan projektin tavoitteet ja vaadittavat tulokset, joihin työn edetessä pyritään. On mahdollista, että projektin tavoitteet ja tulosvaatimukset muuttuvat tai tarkentuvat työn edetessä, jolloin alkuperäistä projektisuunnitelmaa muutetaan uusia tietoja vastaavaksi. (Stenlund 1996. 18.)

### 6.2 Projektin ohjaus

Projektin ohjaus on minkä tahansa muutosprosessin johtamista. Muutosprosessi voi pitää sisällään erilaisia kehittämishankkeita sekä tuotannollisten rakentamis-, kunnossapito- ja korjaustehtävien johtamista. (Stenlund 1996. 18.)

Projekti muodostuu viidestä osasta, joita ovat projektin aloitus, projektisuunnittelu, projektin läpivienti, projektin valvonta ja projektin päättäminen. (Stenlund 1996. 18.)

#### 6.2.1 Projektin aloittaminen

Projektin aloittaminen käynnistyy projektin määrittelyllä ja hallinnollisella käynnistämällä. Projektin määrittely on osa projektin ohjaus-menetelmää. Hallinnollinen käynnistäminen on työryhmän kokoamista ja ryhmätyön aloittamista. (Stenlund 1996. 20.)

Projektin määrittäminen on projektin esisuunnittelua, jonka lopputulos voidaan kirjata erilliseen projektin lähtökohtamääritelmään. Projektin lähtökohdat määrittelee yleensä projektin toimeksiantaja tai asettaja. Määrittelyyn kirjetaan

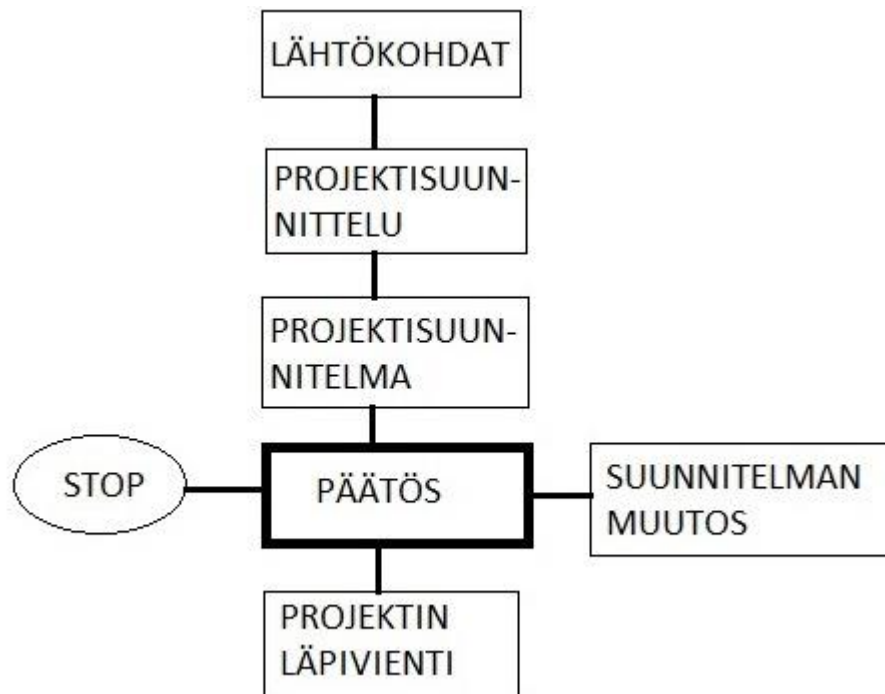
odotukset, toiveet ja vaatimukset, jotka toimeksiantaja asettaa projektille. Työn aloitus hetkellä projektin tavoitteet ovat alustavia suunnitelmia, mutta ne selkeytyvät työn edetessä. Tärkeintä on, että työn asettaja tietää työn aloittamisen kannattavaksi ja hän on tarkastellut projektin lähtökohdat. (Stenlund 1996. 20.)

Kun projektin lähtökohdat on määritelty, seuraavana tehdään aikataulus.

Aikataulun suunnittelussa selvitetään projektin valmistumis aika sekä kenelle tai mille taholle projekti toimitetaan hyväksyttäväksi. Yleensä projektin hyväksyvä ja käynnistävä toimielin on suunnitteluvaiheessa perustettu johtoryhmä. (Stenlund 1996. 21.)

#### 6.2.2 Projektin suunnittelu

Projektin suunnitteluvaiheessa laaditaan työsuunnitelma eli projektisuunnitelma. Projektin aloittamisen edellytys on, että kaikki projektiin liittyvät osapuolet ovat yhtä mieltä alkavan projektin tavoitteista sekä niiden hyödyistä. (Stenlund 1996. 21.) Projektin käynnistämisen vaiheet on esitetty kuviossa 4.



KUVIO 4. Projektin käynnistämisen vaiheet (Stenlund 1996. 21.)

Projektisuunnitelman laatinut henkilö on yleensä se, joka vastaa projektin toteuttamisesta. Projektin johtoryhmän sitoutuminen työhön saattaa parantua, jos se otetaan mukaan projektisuunnitelman tekoon. Samalla johtoryhmä voi vaikuttaa siihen, millaisia tavoitteita ja tulosvaatimuksia projektille asetetaan. (Stenlund 1996. 25.)

Projektiryhmän jäsenten ottaminen mukaan suunnitteluun mahdollistaa heidän näkemystensä huomioonottamisen, kun kyseessä on työn sisältö, suoritustapa sekä työmäärä- ja kalenteriaikojen arviointi. Projektityöntekijät pääsevät samalla vaikuttamaan työnsä sisältöön ja mahdollisiin puutteisiin, ennen kuin projekti aloitetaan. (Stenlund 1996. 25.)

### 6.2.3 Projektin ulkoinen ohjaus

Projektin ulkoinen ohjaus on toimintaa, jossa projektin sidosryhmät tekevät ohjaustyötä projektin aikana. Sidosryhmiä ovat projektin asettaja, toimeksiantaja tai asiakas, joka on tilannut työn. Muita sidosryhmiä ovat kaikki organisaatiot, yhteisöt tai yksittäiset henkilöt, joilla katsotaan olevan oikeus vaikuttaa meneillään olevan projektin lopputulokseen ja joihin saavutettu lopputulos myös vaikuttaa. Projektin johtoryhmä on ainoa toimielin, joka suorittaa ulkoista ohjausta ja se tekee tähän liittyvät päätökset erillisissä kokouksissa. Projektin vetäjä toimii johtoryhmän sihteerinä, joka valmistelee johtoryhmän kokoukset ja asettaa toimeenpantavaksi niissä tehdyt päätökset. (Stenlund. 1996 25.)

Projektin ulkoinen ohjaus on edistymisen seuranta, resurssien ja varainkäytön valvontaa, asiasisällön ohjausta sekä tulosten laadun, käyttökelpoisuuden ja käyttöönsaannin varmistamista. (Stenlund 1996. 25.)

Johtoryhmän ja projektin vetäjän vastuu-alueet määritellään tarvittaessa projektisuunnitelmassa. Yleensä johtoryhmä ei osallistu projektin käytännön johtamiseen ilman hyvää syytä. Näitä syitä voivat olla esimerkiksi huomattava aikataulun viivästyminen, kustannusarvion ylittyminen tai resurssien liika käyttö. Johtoryhmän on kuitenkin tiedettävä kaikki poikkeamat, kun se käsittelee ja hyväksyy projektin muutoksia ja välituloksia. (Stenlund 1996. 27.)

Ulkoista ohjausta suoritetaan projektin johtoryhmän kokouksissa, joita pidetään jokaisen projektivaiheen lopussa. Jokaisessa kokouksessa käsitellään siihen asti tehdyn työn tulos ja hyväksytään se. Kaikki kokousaineistot toimitetaan jäsenille ennen kokousta ja niiden tietojen pohjalta tehdään päätökset projektin jatkosta. Välitulos voidaan hyväksyä sellaisenaan tai siihen voidaan tehdä muutoksia, joiden pohjalta projektia jatketaan. (Stenlund 1996. 28.)

#### 6.2.4 Projektin toimeenpano ja sisäinen ohjaus

Toimeenpanon ja sisäisen ohjauksen osia ovat vaihesuunnitelman laadinta sekä sen mukaisten töiden tehtäväksiänto, tehtävien suoritusten valvonta ja työsuoritusten ja niiden tulosten käsittely projektiryhmässä (Stenlund 1996. 30.)

Johtoryhmän projektin ohjaustyötä tuetaan projektin toimeenpanon ja sisäisen ohjauksen avulla. Projektin vetäjän tehtävä on varmistaa, että johtoryhmällä on riittävät edellytykset projektin ohjauksen ja projektiin liittyvien päätösten tekemiseen. (Stenlund 1996. 30.)

Kun projektin toimeenpano on suoritettu, johtoryhmälle on hyvä laatia raportteja projektin etenemisestä, henkilöresurssien käytöstä sekä yhteyden pidoista organisaatioihin, jotka projektiin osallistuvat. Nämä tiedot auttavat johtoryhmää pysymään ajan tasalla projektin kulusta ja he pystyvät paremmin tekemään ohjaustyötä. Edistymisraporttiin laaditaan kuvaukset projektin edistymisaikataulusta, resurssien käytöstä ja projektin kustannuksista. (Stenlund 1996. 31.)

#### 6.2.5 Projektin vaihesuunnitelma

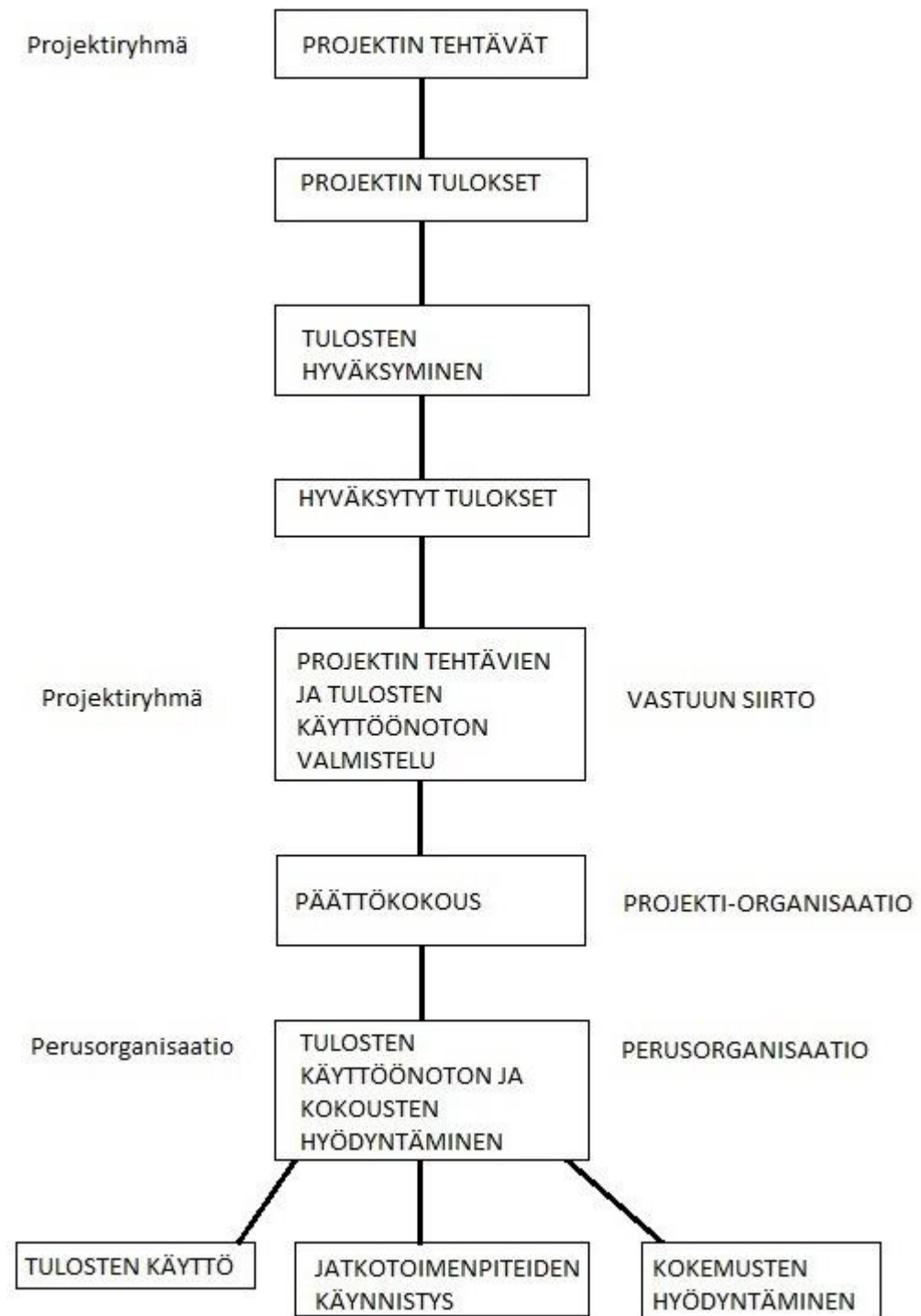
Vaihesuunnitelma on projektisuunnitelmaa yksityiskohtaisempi esitys projektin eri vaiheista. Vaihesuunnitelmassa on yleensä eritelty projektiin liittyvät tehtävät ja niihin liittyvät vastuuhenkilöt sekä vaiheeseen liittyvät aikataulu-, resurssi- ja kustannusarviot. Vaihesuunnitelman esitysmuotona voidaan käyttää luetteloa tai janakaaviota. (Stenlund 1996, 32.)

Vaihesuunnitelma laaditaan projektin eri vaiheiden välissä projektin vetäjän johdolla. Lähtökohtana ovat projektisuunnitelmaan liittyvien vaiheiden tehtävien kuvaukset ja tarpeettomien tehtävien poistaminen tehtäväluettelosta. Tarvittaessa tehtäviä voidaan myös lisätä, jotta päästään vaadittavaan välitulokseen. Kun vaihesuunnitelmaa laaditaan, jokaisella projektiryhmäläisellä on mukanaan kalenteri, jotta projektiin liittyvät työt tulevat tehdyiksi oikeina päivinä. (Stenlund 1996, 32.)

#### 6.2.6 Projektin päättäminen

Projekti päätetään siinä vaiheessa, kun kaikki tarvittavat tehtävät on tehty ja johtoryhmä on todennut tulokset käyttökelpoisiksi ja tarpeeksi laadukkaiksi. Projektin päättämisen yhteydessä vastuu siirtyy projektiorganisaatiolta perusorganisaatiolle. Projektin vetäjä ja projektiryhmä vastaavat projektin päättämisen valmisteluista. Tavoitteena on projektin yhtäaikainen lopettaminen ja projektiorganisaation vapauttaminen vastuusta. Samalla voidaan jo aloittaa jatkotoimenpiteet projektin suhteen. (Stenlund 1996, 35.)

Projektin päättökokouksessa projekti ja sen tulokset arvioidaan sekä hyväksytään jatkotoimenpidesuunnitelmat. Projektin arviointi suoritetaan loppuraportin ja yhteenvedon pohjalta. Loppuraportissa verrataan projektin aikataulun, resurssienkäytön ja kustannusten toteutumista projektisuunnitelmassa oleviin tietoihin. Projektin yhteenvetoraporttiin on kirjattu kuvaukset projektiin liittyvistä kriittisistä ratkaisuksista ja valinnoista. Projektiryhmä valmistelee luettelot kaikista tuloksista, joita projektin aikana on saavutettu. Lisäksi se laatii tuloksista esitysmateriaalin ja tiedotteet, joiden pohjalta projektin tulokset arvioidaan. (Stenlund 1996, 36, 37.) Alla olevassa kuviossa 5 on esitetty projektin päättämisprosessi kokonaisuudessaan.



KUVIO 5. Projektin päättämisprosessi (Stenlund 1996, 36.)



## 7 TEHDASSUUNNITTELUN VERKKOKURSSI

Tässä osiossa kerron omia ajatuksiani liittyen verkkokurssin suunnitteluun ja tekoon. Kerron myös millaista ulko-asua olen suunnitellut esitettävälle materiaalille sekä missä tiedostomuodoissa materiaali verkkoon ladataan.

### 7.1 Verkkokurssin suunnittelu

Verkkokurssin suunnittelu alkoi aluerajauksella. Koska verkkokurssin suunnittelu ja materiaalin kerääminen kuului opinnäytetyöhöni, täytyi käsiteltävän alueen olla riittävän laaja, mutta toisaalta ei liian laaja. Kun puhutaan tehdassuunnittelusta, joka alkaa liike-idean kehittämisestä ja sopivan tontin etsimisestä ja edetään aina yrityksen liiketoimintaan asti, on sanomattakin selvää, että käsiteltäviä aiheita on todella paljon. Aihe-alueen rajausta ei ollut helppoa, koska kaikki materiaali tuli opettajien ja oppilaiden käyttöön ja heille täytyi pystyä tarjoamaan riittävästi tietoa kustakin aiheesta.

Lähdin tekemään työtä sillä ajatuksella, että kokoan sellaisen materiaalin, missä esitetään perustiedot jokaisesta aiheesta. Koska kyseessä on verkkoon tuotava kurssimateriaali, sitä on tulevaisuudessa helppo muokata ja tehdä lisäyksiä ulkopuolisen henkilön toimesta, jolla on tarvittavat oikeudet. Tavoitteenani oli luoda perusrunko, joka tulevaisuudessa laajenee, kun muut tehdassuunnittelua käsittelevät henkilöt lisäävät omaa materiaaliaan verkkoon.

### 7.2 Opetusmateriaalin kerääminen

Opetusmateriaalin kerääminen oli haastava prosessi, koska pelkästään mekaanisen metsäteollisuuden tehdassuunnitteluun keskittyviä kirjoja on kirjoitettu yksi. Tämä tarkoitti sitä, että minun oli sisällysluettelon laatimisen jälkeen lähdettävä etsimään materiaalia jokaisesta osa-alueesta erikseen. Kun yhtä aihetta käsiteltäessä oli käytössä useita kirjoja, aiheutti tämä hankaluuksia rajata kirjoitettavaa aluetta siten, ettei sen pituus alkaisi venyä liian monen sivun mittaiseksi. Rajasin alueet tutkimalla kutakin aihetta siinä laajuudessa, miten itse

ajattelin olevan tarpeellista. Kaikkia aiheita voidaan täydentää myöhemmässä vaiheessa lisäämällä verkkokurssi-alueelle uutta materiaalia.

Internetistä löytyi useita laadukkaita pdf-muotoisia ”kirjoja”, joista sai paljon hyödyllistä tietoa. Jotkin aihe-alueet olivat tiedonhaun kannalta haasteellisempia ja niistä löytyikin vain hyvin suppeita tekstejä yrityksien kotisivuilta.

Tässä opinnäytetyössä ei ole juurikaan esimerkkilaskuja liittyen talousmatematiikkaan, koska verkkokurssi-alueelle tullaan lisäämään oma erillinen osionsa käsittelemään tätä aihetta. Kurssitoteutuksen rakentava opettaja lisää laskumateriaalia tulevaisuudessa. Kaavat nykyarvon ja sisäisen koron laskemiselle on esitetty luvussa 4.

### 7.3 Opetusmateriaalin tiedostomuodot ja ulko-asu

Opetusmateriaali tulee koostumaan ainakin aluksi word – ja powerpoint tiedostoista. Tämä opinnäytetyö tulee olemaan ensimmäinen tiedosto, joka verkkokurssin tiedostotarjontaan lisätään. Kurssi alueelle tullaan lisäämään aineistoa tämän opinnäytetyön valmistuttua.

Esimerkkinä toimivan powerpoint-materiaalin ulkoasuksi valitsin yksinkertaisen sini-valkoisen teeman, joka on yhteneväinen Lahden ammattikorkeakoulun käyttämän värimaailman kanssa. Tulevaisuudessa teemaa on helppo muuttaa, kun verkkoon lisätään lisää materiaalia. Kuviossa 6 on esimerkki yhdestä Powerpoint esityksen sivusta.



KUVIO 6. Esimerkki powerpoint esityksen ulkoasusta.

Koska Powerpoint esityksen tarkoitus on esittää tieto typistetyssä muodossa, täytyy dialle lisättävän tiedonmäärän oltava lyhyt ja ytimekäs. Tämän vuoksi onkin tarkoitus, että opiskelija kerää varsinaisen tiedon itse word tekstistä ja käyttää lyhyitä Powerpoint esityksiä opiskelun tukena esimerkiksi nopean kertauksen muodossa. Tämä puolestaan luo haasteen sille, mitä kaikkea tietoa dia esitykseen tulee laittaa, ettei jotain olennaista jää puuttumaan. Mielestäni paras vaihtoehto olisi, että jokaisesta aihe-alueesta saadaan rakennettua omat tietopakettinsa.

## 8 YHTEENVETO

### 8.1 Materiaalin saatavuus

Tehdassuunnittelua kokonaisuudessaan käsitteleviä kirjoja ei tällä hetkellä ole kirjoitettuna, kuin yksi. H. Koposen vuonna 1988 kirjoittama Tehdassuunnittelu mekaanisessa metsäteollisuudessa – kirja, on ainoa suomenkielinen kirja, jossa käsitellään kaikkia tässäkin opinnäytetyössä käsiteltäviä osioita. Kirjaa pystyin käyttämään avuksi, kun aloin suunnitella, mitä asioita alan käsitellä opinnäytetyössä. Koposen teosta olisi syytä päivittää, koska toimintamallit ovat monilta osin muuttuneet vuosien saatossa.

Jouduin hankkimaan lisätietoa muista teoksista, ja yleensä aineisto käsitteli vain yhtä osa-aluetta. Esimerkiksi paloturvallisuutta käsittelevää materiaalia on paljon joten valinnanvaraa oli. Usein jouduin suorittamaan rajuakin karsintaa materiaalin kanssa, jotta opinnäytetyön osiot eivät paisuisi liian pitkiksi. Kirjallista tietoa löytyi todella kattavasti, mutta internetin kautta informaatiota oli vaikeampaa saada. Monissa tapauksissa haut veivät erilaisten asiaan liittyvien yritysten kotisivuille, joita saattoi löytää suppeasti lisätietoa. Kuten lähdeluettelosta voi huomata, kirjallisia lähteitä on huomattavasti vähemmän elektronisiin verrattuna, koska kirjoista sai tietoa paljon laajempiin kokonaisuuksiin.

Kirjallista informaatiota oli saatavilla runsaasti ja, kun lähdetään käsittelemään tietoa mm. yrityksen perustamisesta, projektijohtamiseen ja palosuojeluun, niin on selvää, että asioita oli tiivistettävä järkevällä tavalla ehjän kokonaisuuden saamiseksi.

### 8.2 Materiaalin esitys

Joskus näkee tekstejä, joissa esitetyt asiat eivät etene johdonmukaisesti ja hypitään asiasta toiseen. Tämä vaikeuttaa huomattavasti tekstissä olevien asioiden opettelua. Joissain tapauksissa tekstissä käsiteltävä informaatio ja vajavaiseksi, eikä tärkeitä termejä ole selitetty riittävän selkeästi.

Opinnäytetyötä aloittaessani mietin tarkasti asiat, mitä tulen käsittelemään ja yritin saada asiat esitettyä siinä järjestyksessä, missä ne oikeasti tulisivat tehdassuunnitteluprojektin aikana. Eräs ongelma oli rajoittaa aihe-alueet sopiviksi kokonaisuuksiksi ilman, että joudun karsimaan asioita, mutta toisaalta opinnäytetyö ei saa olla liian pitkäkään. Varsinkin palosuojelu-osuutta työstäessäni jouduin jättämään joitain omasta mielestäni vähemmän tärkeitä asioita pois, mutta onneksi niitä pystytään lisäämään verkkokurssi-alueelle jatkossa.

Koska aihe-alue on laaja, mutta tekstin pituus on rajoitettu, on selvää, että kirjoittamani opinnäytetyö on paljon tietoa sisältävä, tiivis kokonaisuus. Verkkoon siirrettäessä teksti osuutta voidaan pilkkoa erillisiksi aihe-alueiksi, ja näihin alueisiin voidaan lisätä powerpoint-esityksiä ja muita tekstejä kokonaisuuksien laajentamiseksi.

Powerpoint-esitykset ovat hyvä keino esittää tieto selkeästi, mutta kattavasti. Tarkoituksena on, ettei yksi dia ole pakattu täyteen tekstiä, vaan tieto on esitetty sopivan väljästi. Asioita voidaan tarvittaessa tarkentaa lyhyesti muutamilla sanoilla. Esimerkiksi opetusmielessä yksikin kuvaava sana voi olla tärkeä, kun halutaan pohjustaa asiaa, jota tullaan seuraavaksi käsittelemään, vaikka yleisellä keskusteluntasolla opetustilanteessa.

### 8.3 Omat ajatukset

Viime syksynä kyselin yrityksiltä aiheita opinnäytetyöhön, mutta sen löytäminen oli vaikeaa. Reilun kuukauden tiedustelun jälkeen käännyn koulun puoleen ja sieltä sainkin mielenkiintoisen tehtävän kehittää materiaalia tehdassuunnittelun verkkokurssia varten. Aihe varmistui joulukuun tienoilla, ja vuoden alussa pääsin tutustumaan tehdassuunnittelusta kertoviin aineistoihin. Opinnäytetyön alkuun saanti oli haasteellisin osuus, koska käsiteltävät aiheet piti valita ja rajata järkevästi. Sisällysluettelon laatimisen jälkeen työhön tarttuminen sujui helpommin, kun sain hahmotettua, millainen runko työhön olisi tarkoitus luoda.

Kevään aikana sain kirjoitettua tekstiä hyvällä tahdilla ja kirjastossa tuli käytyä useaan kertaan. Tein paljon vertailua kirjojen kanssa, koska yhtä aihe-aluetta

käsitteleviä kirjoja oli monia, mutta halusin ottaa kirjoitustyötä tukemaan kirjan, jossa oli monipuolisimmin käsitelty aihetta. Keväällä minulla oli opiskelujen kanssa muitakin kiireitä, joten en pystynyt keskittymään pelkästään opinnäytetyön kirjoittamiseen, mutta pyrin saamaan työtä tasaisesti eteenpäin. Oikeastaan alkukesästä pääsin töiden ohessa parempaan vauhtiin ja kesäaikana sain kaikki aiheet käsiteltyä, jonka jälkeen aloin hio'a osa-alueita lopulliseen muotoonsa.

## LÄHTEET

### **Painetut lähteet**

Koponen, H. 1988. Tehdassuunnittelu mekaanisessa metsäteollisuudessa.  
Hämeenlinna: Otakustantamo.

Boncamper, I. 1995. Tuotannonsuunnittelu. Hämeenlinna: Hämeen  
Ammattikorkeakoulu/Wetterhoffin käsi- ja taideteollisuusoppilaitos.

Hyttinen V., Tolonen, P., Väisänen, T. 2008. Palofysiikka. Tampere: Suomen  
Pelastusalan Keskusjärjestö.

Stenlund, H. 1996. Projektijohtamisen perusteet. Helsinki: Oy Edita Ab.

Leppiniemi J., Puttonen V. 2002. Yrityksen rahoitus. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Paloturvallaitteet ja järjestelyt- opas kunnossapitoon ja huoltoon 2009. Helsinki:  
SPEK.

### **Elektroniset lähteet**

VirtuaaliAMK. 2007. Liiketoiminnan käynnistäminen [viitattu 5.3.2014].

Saatavissa:

[http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/0503020/1182338337908/  
1183703022850/1183703325453/1183705091166.html](http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/0503020/1182338337908/1183703022850/1183703325453/1183705091166.html)

Työsuojeluhallinto. 2013. Työsuojelutoiminta työpaikalla [viitattu 19.3.2014].

Saatavissa: <http://www.tyosuojelu.fi/fi/tyosuojelutoiminta>

VTT. 2011. Huoneistopalon sammutus vaihtoehtoisilla sammutus menetelmillä  
[viitattu 31.3.2014]. Saatavissa: [www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2011/T2570.pdf](http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2011/T2570.pdf)

Edilex.fi. 2007. Yleisohje rahoituslaskelman laatimisesta [viitattu 8.6.2014].

Saatavissa: <http://www.edilex.fi/kilaohje/rahoituslask2>

Pk-rh riskienhallinta. 2014. SWOT-analyysi [viitattu 5.7.2014].

Saatavissa: <http://www.pk-rh.fi/index.php?page=swot>

Prodeco.fi. 2014. Hankesuunnittelu [viitattu 12.7.2014].

Saatavissa: <http://www.prodeco.fi/index.php?p=Hankesuunnittelu>

Oamk.fi. 2014. SWOT-analyysi [viitattu 12.7.2014].

Saatavissa: <http://www.oamk.fi/hankkeet/pkk/pakki/nykytila2.htm>

Finnsampo.fi. 2011. Layout-suunnittelu ja tuotannon simulointi [viitattu 3.8.2014].

Saatavissa: <http://www.finnsampo.fi/tuotannonsimulointijalayoutsuunnittelu.php>

E-conomic.fi 2014. Kannattavuus- Mitä tarkoittaa kannattavuus? [viitattu 3.8.2014].

Saatavissa: <http://www.e-conomic.fi/kirjanpito-ohjelma/sanakirja/kannattavuus>

Virtuaali Ammattikorkeakoulu 2014. Herkkyysanalyysi. [viitattu 3.8.2014].

Saatavissa:

<http://www2.amk.fi/digma.fi/eetu/www.amk.fi/opintojaksot/500/1138278559722/1138279515236/1138279585712/1138283839148.html>

Koneturvallisuus – säädökset ja soveltaminen 2007. [viitattu 9.8.2014].

Saatavissa: [tyosuojelujulkaisut.wshop.fi/documents/2007/08/TSJ\\_57.pdf](http://tyosuojelujulkaisut.wshop.fi/documents/2007/08/TSJ_57.pdf)

Yritys tulkki- YT22 Investoinnin laskentaopas. Takaisinmaksuajan menetelmä. [viitattu 21.11.2014].

Saatavissa: [http://www.yritystulkki.fi/files/yt22\\_investoinnin\\_laskenta\\_pre.pdf](http://www.yritystulkki.fi/files/yt22_investoinnin_laskenta_pre.pdf)



Virtuaali Ammattikorkeakoulu 2009. Diskonttaus. Nykyarvomenetelmä. [viitattu 28.11.2014].

Saatavissa:

<http://www2.amk.fi/digma.fi/eetu/www.amk.fi/opintojaksot/500/1138278559722/1138279515236/1138279720180/1138284629391.html>

Pelastustoimi.fi 2014. Sprinkleri. [viitattu 18.12.2014].

Saatavissa: <http://www.pelastustoimi.fi/turvatietao/esta-palonleviaminen/paloturvalisuuslaitteet/sprinkleri>